

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **07307337 A**(43) Date of publication of application: **21 . 11 . 95**

(51) Int. Cl

**H01L 21/3205**(21) Application number: **06098269**(22) Date of filing: **12 . 05 . 94**(71) Applicant: **HITACHI LTD**

(72) Inventor: **TSUNENO KATSUMI  
MASUDA HIROO  
SATO HISAKO  
NAKAMURA TAKAHIDE  
ICHIKAWA JINKO**

(54) **SEMICONDUCTOR INTEGRATED CIRCUIT  
DEVICE**

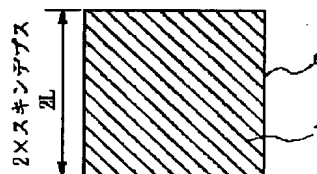
frequency noise is reduced.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO

(57) Abstract:

PURPOSE: To provide a semiconductor integrated circuit device wherein the level of integration and the freedom of layout are improved by imparting high frequency noise filter effect to a wiring formed on a semiconductor substrate.

CONSTITUTION: The cross-section of a wiring 1 formed on a semiconductor substrate is square, and the length of one side is twice the skin depth. The skin depth is obtained from the highest frequency which is not to be affected by skin effect and the clock frequency or the like of a semiconductor integrated circuit device by using a formula 1. The formula 1 is  $\delta = \sqrt{2\rho/\omega\mu}$ , where  $\delta$ : skin depth,  $\rho$ : resistivity,  $\omega$ :  $2\pi f$  ( $f$  is frequency), and  $\mu$ :  $\mu_0(1+\chi)$  ( $\mu_0$ : permeability of vacuum,  $\chi$ : susceptibility). From the formula 1, when skin depth is  $L$ , the one side of the wiring 1 is  $2L$ . Since the depth becomes shallow frequency becomes high, the section of the wiring 1 wherein an electric current flows is reduced, and the resistance of the wiring 1 is increased. The resistance acts as a filter, and high



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-307337

(43) 公開日 平成7年(1995)11月21日

|                           |      |        |                |        |
|---------------------------|------|--------|----------------|--------|
| (51) Int.Cl. <sup>9</sup> | 識別記号 | 庁内整理番号 | F I            | 技術表示箇所 |
| H 0 1 L 21/3205           |      |        | H 0 1 L 21/ 88 | Z      |

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平6-98269

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(22) 出願日 平成8年(1994)5月12日

(72) 発明者 常野 克己

東京都青梅市今井2326番地 株式会社日立

製作所デバイス開発センタ内

(72) 発明者 増田 弘生

東京都青梅市今井2326番地 株式会社日立

製作所デバイス開発センタ内

(72) 発明者 佐藤 久子

東京都青梅市今井2326番地 株式会社日立

製作所デバイス開発センタ内

(74) 代理人 弁理士 筒井 大和

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体集積回路装置

(57) 【要約】

【目的】 半導体基板上に形成される配線に高周波ノイズフィルタ作用を持たせ、集積度、レイアウトの自由度を向上させる半導体集積回路装置を提供する。

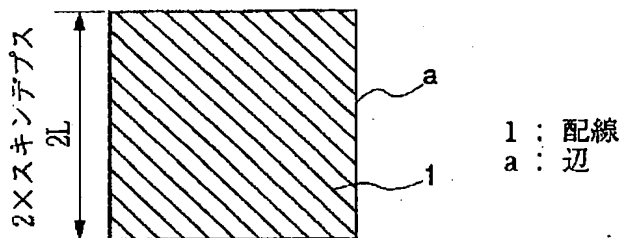
【構成】 半導体基板上に成形された配線1の断面は正方形に成形され、1辺の長さはスキンドプスの2倍とする。スキンドプスは式1により表皮効果の影響を受けさせたくない最高の周波数、半導体集積回路装置のクロック周波数などから求める。

$$\delta = \sqrt{2\rho / \omega\mu}$$

式1

ただし、 $\delta$  : スキンドプス、 $\rho$  : 抵抗率、 $\omega$  :  $2\pi f$  ( $f$  は周波数)、 $\mu$  :  $\mu_0(1+x)$  ( $\mu_0$  : 真空の透磁率、 $x$  : 磁化率) である。式1より、スキンドプスが  $l$  とすると、配線1の1辺は  $2l$  となる。スキンドプスの深さは周波数が高くなるに従い浅くなるので配線1の電流が流れる断面積も小さくなり、配線1の抵抗が増加し、この抵抗がフィルターとなり高周波ノイズは低減される。

図 1



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-307337

(43) 公開日 平成7年(1995)11月21日

(51) Int.Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 21/3205

H 0 1 L 21/ 88

Z

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号

特願平6-98269

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(22) 出願日

平成6年(1994)5月12日

(72) 発明者 常野 克己

東京都青梅市今井2326番地 株式会社日立

製作所デバイス開発センタ内

(72) 発明者 増田 弘生

東京都青梅市今井2326番地 株式会社日立

製作所デバイス開発センタ内

(72) 発明者 佐藤 久子

東京都青梅市今井2326番地 株式会社日立

製作所デバイス開発センタ内

(74) 代理人 弁理士 筒井 大和

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体集積回路装置

(57) 【要約】

【目的】 半導体基板上に形成される配線に高周波ノイズフィルタ作用を持たせ、集積度、レイアウトの自由度を向上させる半導体集積回路装置を提供する。

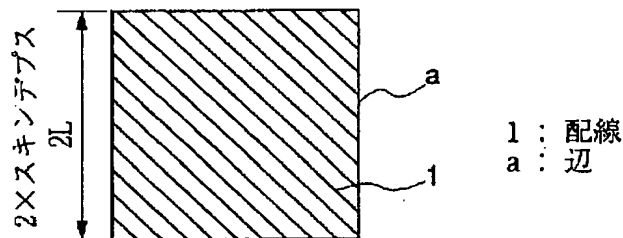
【構成】 半導体基板上に成形された配線1の断面は正方形に成形され、1辺の長さはスキンドプスの2倍とする。スキンドプスは式1により表皮効果の影響を受けさせたくない最高の周波数、半導体集積回路装置のクロック周波数などから求める。

$$\delta = \sqrt{2\rho/\omega\mu}$$

式1

ただし、 $\delta$  : スキンドプス、 $\rho$  : 抵抗率、 $\omega : 2\pi f$  ( $f$  は周波数)、 $\mu : \mu_0(1+x)$  ( $\mu_0$  : 真空の透磁率、 $x$  : 磁化率) である。式1より、スキンドプスが  $l$  とすると、配線1の1辺は  $2l$  となる。スキンドプスの深さは周波数が高くなるに従い浅くなるので配線1の電流が流れる断面積も小さくなり、配線1の抵抗が増加し、この抵抗がフィルタとなり高周波ノイズは低減される。

図 1



**【特許請求の範囲】**

【請求項 1】 半導体基板上に形成された配線の断面における所定の辺の長さを、所定の信号周波数におけるスキンドープスの 2 倍とし、前記所定の信号周波数以上での配線抵抗を増大させることを特徴とする半導体集積回路装置。

【請求項 2】 前記配線の断面の形状が、多角形よりなることを特徴とする請求項 1 記載の半導体集積回路装置。

【請求項 3】 前記配線の断面の形状が、T 字形、十字形または凹形よりなることを特徴とする請求項 1 記載の半導体集積回路装置。

【請求項 4】 前記配線の断面の形状が、正方形よりなることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の半導体集積回路装置。

【請求項 5】 前記配線の断面の形状が、長方形よりなることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の半導体集積回路装置。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【産業上の利用分野】本発明は、半導体集積回路装置に関し、特に、メモリ半導体集積回路装置、マイクロプロセッサ半導体集積回路装置および論理半導体集積回路装置などの高周波ノイズの低減に適用して有効な技術に関するものである。

**【0002】**

【従来の技術】半導体集積回路装置の高速化および低消費電力化の要求に伴い、半導体集積回路装置内の信号も高速化および低電圧化の傾向となり、安定した半導体集積回路装置の動作には、ノイズ低減による信号の安定化が必要となっている。

【0003】本発明者が検討したところによれば、半導体集積回路装置内のノイズ低減は、配線にノイズフィルタとして静電容量素子を電気的に接続することによって行っている。

【0004】なお、静電容量素子を詳しく述べてある例として、近代科学社発行「集積回路・設計原理と製造」昭和 53 年 7 月 1 日発行、RAYMOND M. WARNER, JR. ほか著、小田川嘉一郎ほか訳、P 236 ~ P 245 がある。

**【0005】**

【発明が解決しようとする課題】ところが、上記のような配線に静電容量素子を接続した半導体集積回路装置では、半導体チップ上に静電容量素子のためのスペースが必要となり、レイアウト上での制約が発生するほか、半導体集積回路装置の集積度も下がってしまう。

【0006】本発明の目的は、半導体集積回路装置の配線それ自体に高周波ノイズフィルタ作用を持たせ、半導体集積回路装置の集積度を上げ、レイアウトの自由度を増すことのできる半導体集積回路装置を提供することに

ある。

【0007】本発明の前記ならびにその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記述および添付図面から明らかになるであろう。

**【0008】**

【課題を解決するための手段】本願において開示される発明のうち、代表的なものの概要を簡単に説明すれば、以下のとおりである。

【0009】すなわち、本発明の半導体集積回路装置は、半導体基板上に形成された配線の断面における所定の辺の長さを、所定の信号周波数におけるスキンドープスの 2 倍とし、所定の信号周波数以上での配線抵抗を増大させるものである。

【0010】また、本発明の半導体集積回路装置は、前記配線の断面の形状が、多角形よりなるものである。

【0011】さらに、本発明の半導体集積回路装置は、前記配線の断面の形状が、T 字形、十字形または凹形よりなるものである。

【0012】また、本発明の半導体集積回路装置は、前記配線の断面の形状が、正方形よりなるものである。

【0013】さらに、本発明の半導体集積回路装置は、前記配線の断面の形状が、長方形よりなるものである。

**【0014】**

【作用】上記した本発明の半導体集積回路装置によれば、半導体基板上に形成された配線の断面における所定の辺の長さを所定の信号周波数におけるスキンドープスの 2 倍とすることにより、所定の周波数以上の信号を表皮効果により減衰、低減させることができる。

【0015】また、上記した本発明の半導体集積回路装置によれば、配線の断面積を大きくすることができ、所定の周波数以下の信号の電圧降下などを少なくすることができ、表皮効果もより大きくなるので、所定の周波数以上の高周波ノイズを効率よく減衰、低減させることができる。

【0016】それによって、半導体集積回路装置の動作が安定し、半導体基板上にノイズフィルタとして静電容量素子が不要となるので、半導体集積回路装置の半導体素子のレイアウト自由度が大きくなり、集積度も向上する。

**【0017】**

【実施例】以下、本発明の実施例を図面に基づいて詳細に説明する。

【0018】（実施例 1）図 1 は、本発明の実施例 1 による表皮効果により高周波ノイズを低減させる配線の断面図、図 2 は、本発明の実施例 1 によるスキンドープスの変化による有効断面積を示す図である。

【0019】本実施例 1 において、半導体基板（図示せず）上に、たとえば、アルミニウム、タングステンまたは銅などにより成形される配線 1 の断面は、1 辺の長さが等しい正方形に成形されている。

【0020】また、配線1の1辺である辺aの長さは、表皮効果の影響を受けさせたくない最高の周波数のスキンドープスの2倍となっている。

【0021】ここで、表皮効果 (SKIN EFFECT) とは、高周波の信号を考える場合に電流により発生する磁界に起因する現象であり、導体中の電流が表面で最大となり中心部に向かうほど急激に減少する、即ち電流が周波数に依存して導体の深さ方向に分布を持つ現象である。

【0022】また、スキンドープス (SKIN DEPTH) とは、電流密度が表面の  $1/e$  になる深さである。ただし、 $e$  は自然対数とする。

【0023】たとえば、半導体集積回路装置 (図示せず) を動作させるためのクロック周波数が  $10\text{MHz}$  であるとし、この周波数  $10\text{MHz}$  が表皮効果の影響を受けさせたくない最高の周波数であるとする。

【0024】そして、周波数  $10\text{MHz}$  における配線1のスキンドープスを  $L$  として、配線1の1辺である辺aの長さは  $2L$  となる。

【0025】ここで、スキンドープスは、式1によって求められる。

$$\text{【0026】 } \delta = \sqrt{2\rho/\omega\mu} \quad \text{式1}$$

ただし、 $\delta$ : スキンドープス、 $\rho$ : 抵抗率、 $\omega$ :  $2\pi f$  ( $f$  は周波数)、 $\mu$ :  $\mu_0(1+x)$  ( $\mu_0$ : 真空の透磁率、 $x$ : 磁化率) である。

【0027】また、アルミニウム、タングステン、銅の抵抗率は、それぞれ  $2.75 \times 10^{-8}$ 、 $5.5 \times 10^{-8}$ 、 $1.72 \times 10^{-8}$  であり、磁化率は、それぞれ  $4.42 \times 10^{-11}$ 、 $5.75 \times 10^{-10}$ 、 $-7.45 \times 10^{-10}$  である。

【0028】よって、周波数  $10\text{MHz}$  の信号の場合、スキンドープスは  $L$  となり配線1の1辺が  $2L$  であるので、表皮効果の影響を受けずに電流は配線1の断面積全てを流れることになる。

【0029】しかし、 $10\text{MHz}$  以上の高周波成分の信号、いわゆる高周波ノイズが配線1を流れる場合、スキンドープスは配線1の  $L$  よりも少なくなる。

【0030】また、スキンドープスは、周波数が高くなるに従って浅くなるので電流を流れる配線1の断面積も小さくなってしまふ。この時、配線1の電流密度は変化しないので配線1の抵抗が増加することになり、この抵抗がフィルター作用をすることで高周波ノイズは減衰し、低減されることになる。

【0031】ここで、所定の周波数以上のある高周波によりスキンドープスが  $L$  から  $L/2$  に変化した場合を考えると、図2に示すように、スキンドープスが  $L/2$  になるある周波数での電流が流れる領域  $R1$  は、全体に占める割合の  $75\%$  となる。

【0032】また、表皮効果が現れる周波数にマージンを持たせるために、1辺の長さを、たとえば、スキンド

プスの3倍となる  $3L$  程度にしてもよい。

【0033】よって、本実施例1においては、半導体集積回路装置を動作させるクロック周波数  $10\text{MHz}$  以上の高周波ノイズをすべて表皮効果により減衰、低減させることができるので、半導体集積回路装置の動作が安定する。

【0034】また、容量素子が不要となり半導体集積回路装置の半導体素子のレイアウト自由度が大きくなり、集積度も向上する。

【0035】(実施例2) 図3は、本発明の実施例2による表皮効果により高周波ノイズを低減させる配線の断面図、図4は、本発明の実施例2によるスキンドープスの変化による有効断面積を示す図である。

【0036】本実施例2においては、半導体基板 (図示せず) 上に成形される配線2の断面の形状が、図3に示すように、長方形に成形されている。

【0037】また、この配線2の縦横比は、たとえば  $1:5$  となっており、短辺である辺bの長さは、表皮効果の影響を受けさせたくない最高の周波数のスキンドープスの2倍とする。

【0038】ここで、表皮効果の影響を受けさせたくない最高の周波数以上のある高周波によりスキンドープスが  $L$  から  $L/2$  に変化した場合を考えると、図4に示すように、斜線領域で示されているスキンドープスが  $L/2$  となる周波数での電流が流れる領域  $R2$  は全体に占める割合の  $55\%$  となり、前記実施例1の長方形よりも表皮効果による変化が大きいことになる。

【0039】また、配線2の短辺の長さを変えずに長辺の長さを長くしていくことにより、表皮効果の効果はそのままに断面積を大きくしていくことができるので、高周波ノイズ以外の信号の電圧低下を少なくすることができ、配線2の配線距離が長くなってもノイズの影響を受けにくくできる。

【0040】さらに、配線2は、断面の長方形の長辺を横にして形成しても或いは縦にして形成してもどちらでも良い。

【0041】また、ここでも表皮効果が現れる周波数にマージンを持たせるために、短辺の長さを、たとえばスキンドープスの3倍となる  $3L$  程度にしてもよい。

【0042】さらに、配線2の断面形状の縦横比は、 $5:1$  以外でもよく、高周波ノイズ以外の信号に影響を与えない比率であればよい。

【0043】よって、本実施例2においては、所定の周波数以上の高周波ノイズをすべて表皮効果により減衰、低減させることができ、半導体集積回路装置の動作が安定する。

【0044】また、容量素子が不要となり半導体集積回路装置の半導体素子のレイアウト自由度が大きくなり、集積度も向上する。

【0045】さらに、配線2の表皮効果の効果はそのま

まに、高周波ノイズ以外の信号の電圧降下を非常に少なくすることができる。

【0046】（実施例3）図5は、本発明の実施例3による表皮効果により高周波ノイズを低減させる配線の断面図である。

【0047】本実施例3においては、表皮効果を用いた半導体基板（図示せず）上に成形される配線3の断面の形状が、図5に示すようにT字状に成形されている。

【0048】また、配線3における所定の辺cの長さは、表皮効果の影響を受けさせたくない最高の周波数のスキンドプスの深さ $L$ の2倍である $2L$ となっている。

【0049】さらに、この場合でも、表皮効果が現れる周波数にマージンを持たせるために、辺cの長さを、たとえばスキンドプスの3倍となる $3L$ 程度にしてもよい。

【0050】それにより、本実施例3によれば、配線3をT字状にすることにより配線3の断面形状の縦横比を自由に変化させることができるとともに、半導体基板上の配線3の占有面積を少なくすることができる。

【0051】（実施例4）図6は、本発明の実施例4による表皮効果により高周波ノイズを低減させる配線の断面図である。

【0052】本実施例4においては、表皮効果を用いた半導体基板（図示せず）上に成形される配線4の断面の形状が、図6に示すように凹形に成形されている。

【0053】また、配線4における所定の辺dの長さは、表皮効果の影響を受けさせたくない最高の周波数のスキンドプスの深さである $L$ の2倍の $2L$ となっている。

【0054】さらに、凹形の配線4の外側の辺D1の長さから内側の辺D2の長さを差し引いた部分の辺d1の長さが $2L$ となるように、辺D1および辺D2を形成することにより、配線4のくぼみ部分の背面の辺D3から上面の辺D4における高さはスキンドプスの深さである $L$ の2倍の $2L$ となっている。

【0055】さらに、ここでも、表皮効果が現れる周波数にマージンを持たせるために、辺dの長さを、たとえばスキンドプスの3倍となる $3L$ 程度にしてもよい。

【0056】それにより、本実施例4によれば、配線3を凹字状にすることにより、配線4の断面形状の縦横比を自由に変化させることができるとともに、半導体基板上の配線4の占有面積を少なくすることができる。

【0057】（実施例5）図7は、本発明の実施例5による表皮効果により高周波ノイズを低減させる配線の断面図である。

【0058】本実施例5においては、表皮効果を用いた半導体基板（図示せず）上に成形される配線5の断面の形状が、図7に示すように十字状に成形されている。

【0059】また、配線3における所定の辺eの長さは、表皮効果の影響を受けさせたくない最高の周波数の

スキンドプスの深さである $L$ の2倍の $2L$ となっている。

【0060】さらに、ここでも、表皮効果が現れる周波数にマージンを持たせるために、辺eの長さを、たとえばスキンドプスの3倍となる $3L$ 程度にしてもよい。

【0061】それにより、本実施例5によれば、配線4を十字状にすることにより、配線5の断面形状の縦横比を自由に変化させることができるとともに、半導体基板上の配線5の占有面積を少なくすることができる。

【0062】以上、本発明者によってなされた発明を実施例に基づき具体的に説明したが、本発明は前記実施例に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることはいうまでもない。

【0063】たとえば、前記実施例1に記載された配線1は、単一の配線でなくてもよく、たとえば図8に示すように、複数本数（図8では3本）の配線1を並列に配線し、その複数の配線をひと固まりの同一配線とすることにより、表皮効果の効果はそのままより高周波ノイズ以外の信号での配線抵抗を少なくできる。

【0064】また、図9に示すように、前記実施例2の配線2の短辺の長さを変えずに、長辺の長さを、たとえば $1/2$ にし、2本平行に配線2a、2bとして形成することによって、配線2a、2bの長辺を半導体基板に対して垂直となるように立て、その配線2a、2bをひと固まりとした同一配線として形成することにより、半導体基板の配線面積を縮小することができる。

【0065】さらに、配線1～5の断面は、実施例1～5に記載された形状以外でもよく、たとえば四角形以外の多角形でもよく、また、所定の周波数以上から表皮効果が確実に現れる配線断面形状であれば、たとえば円形、楕円形などの曲線を含む形状などのような形状でもよい。

【0066】

【発明の効果】本願によって開示される発明のうち、代表的なものによって得られる効果を簡単に説明すれば、以下のとおりである。

【0067】（1）本発明によれば、配線の断面を正方形とし、1辺が所定の周波数におけるスキンドプスの2倍の長さとするることにより、所定の周波数以上の高周波ノイズを表皮効果により減衰、低減させることができる。

【0068】（2）また、本発明では、配線の断面を長方形、T字形、十字形または凹形とし、短辺が所定の周波数におけるスキンドプスの2倍の長さとするることにより、より表皮効果が大きくなり所定の周波数以上の高周波ノイズを効率よく減衰、低減させることができる。

【0069】（3）さらに、本発明においては、配線の断面を多角形とし、所定の周波数において表皮効果が現れる断面積とすることにより、所定の周波数以上の高周波ノイズを表皮効果により減衰、低減させることができ

る。

【0070】(4) また、本発明によれば、上記(1)、(2)および(3)により、半導体集積回路装置の動作が安定し、ノイズフィルタとしての静電容量素子が不要となり、半導体集積回路装置の半導体素子のレイアウト自由度が大きくなり、集積度も向上する。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1による表皮効果により高周波ノイズを低減させる配線の断面図である。

【図2】本発明の実施例1によるスキンドープの変化による有効断面積を示す図である。

【図3】本発明の実施例2による表皮効果により高周波ノイズを低減させる配線の断面図である。

【図4】本発明の実施例2によるスキンドープの変化による有効断面積を示す図である。

【図5】本発明の実施例3による表皮効果により高周波ノイズを低減させる配線の断面図である。

【図6】本発明の実施例4による表皮効果により高周波ノイズを低減させる配線の断面図である。

【図7】本発明の実施例5による表皮効果により高周波ノイズを低減させる配線の断面図である。

【図8】本発明の他の実施例による表皮効果により高周

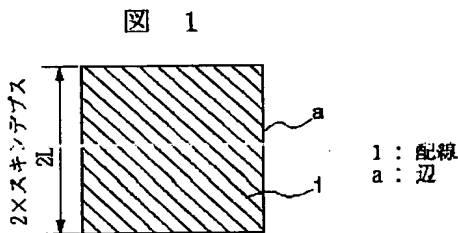
波ノイズを低減させる配線の断面図である。

【図9】本発明のその他の実施例による表皮効果により高周波ノイズを低減させる配線の断面図である。

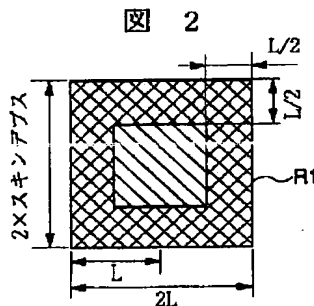
#### 【符号の説明】

- 1 配線
- 2 配線
- 2 a 配線
- 2 b 配線
- 3 配線
- 4 配線
- 5 配線
- a 辺
- b 辺
- c 辺
- d 辺
- d 1 辺
- e 辺
- D 1 辺
- D 2 辺
- D 3 辺
- D 4 辺

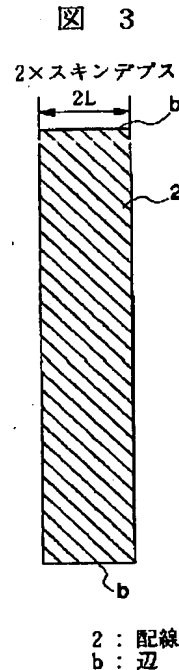
【図1】



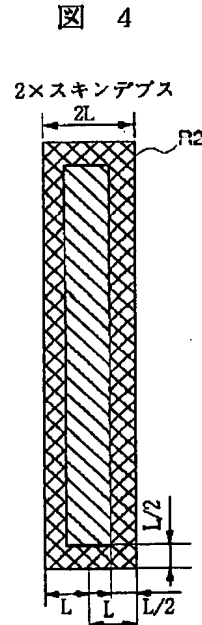
【図2】



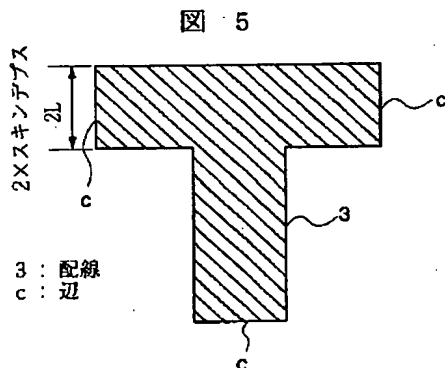
【図3】



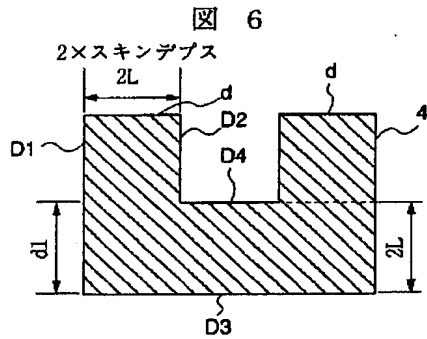
【図4】



【図5】

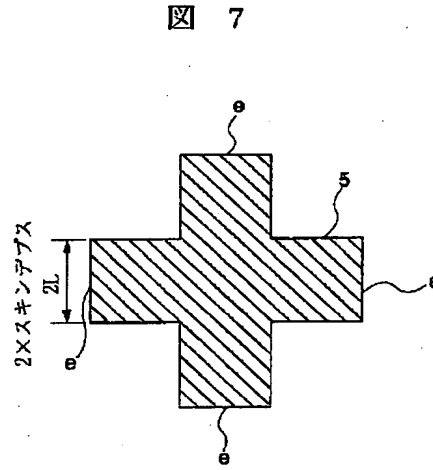


【図6】



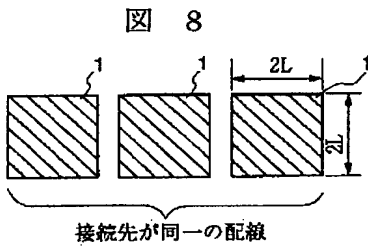
4 : 配線  
d : 辺  
d1 : 辺

【図7】

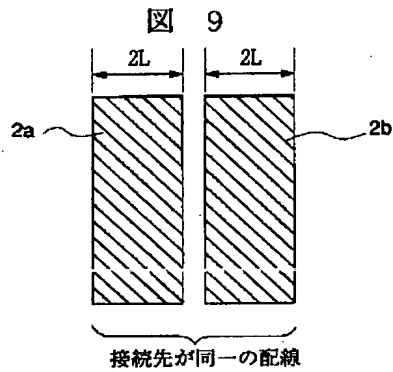


5 : 配線  
e : 辺

【図8】



【図9】



フロントページの続き

(72)発明者 中村 高秀  
東京都青梅市今井2326番地 株式会社日立  
製作所デバイス開発センタ内

(72)発明者 市川 仁子  
東京都青梅市今井2326番地 株式会社日立  
製作所デバイス開発センタ内